



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**PERENCANAAN ULANG SISTEM  
KENDALI ELEKTROHIDROLIK MESIN DRY ICE  
PRESS  
DI PT PETROKIMIA GRESIK**

**Gaga Dima Arianto  
NRP. 10 2114 000 00 042**

**Dosen Pembimbing :  
Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc.  
NIP. 19610714 198803 1 003**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**





**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**RE-DESIGN OF DRY ICE PRESS MACHINE  
ELECTROHYDRAULIC CONTROL SYSTEM  
PT PETROKIMIA GRESIK**

**Gaga Dima Arianto  
NRP. 10 2114 000 00 042**

**Counselor Lecturer :  
Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc.  
NIP. 19610714 198803 1 003**

**STUDY PROGRAM DIPLOMA III  
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Vocatonal  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018**



**PERENCANAAN ULANG SISTEM KENDALI  
ELEKTROHIDROLIK MESIN DRY ICE PRESS  
DI PT. PETROKIMIA GRESIK**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Konversi Energi  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
SURABAYA

Oleh:

**GAGA DIMA ARIANTO**

**NRP. 10 2114 000 00 042**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



**Ic. Arino Anzip, M.Eng. Sc**  
**NIP. 19610714 198803 1 003**

**SURABAYA  
JANUARI 2018**

# **PERENCANAAN ULANG SISTEM KENDALI ELEKTROHIDROLIK MESIN DRY ICE PRESS DI PT. PETROKIMIA GRESIK**

**Nama Mahasiswa** : Gaga Dima Arianto  
**NRP** : 10 2114 00000 042  
**Jurusan** : D3 Teknik Mesin Industri  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc.

## **Abstrak**

*Suatu industri secara umumnya menghasilkan produk sampingan dan limbah seperti yang terdapat di PT. PETROKIMIA Gresik. Di unit pabrik nitrogen tersebut terdapat produk sampingan yakni gas karbondioksida ( $CO_2$ ) yang diproduksi ulang menjadi dry ice menggunakan mesin Dry Ice Press. Karena mesin yang terdapat di lapangan pengoperasiannya bisa dibilang sering maka perlu dilakukan analisa untuk mengetahui performa mesin ini. Maka dibuatlah desain ulang sistem elektrohidrolik yang terbagi atas hydraulic power dan signal control. Pada tugas akhir ini penulis berfokus pada perancangan ulang signal control (sistem kendali). Mesin ini memiliki kemampuan memadatkan bahan dengan cara menekan bahan tersebut dengan tekanan tinggi hingga mencapai spesifikasi yang diinginkan.*

*Perancangan ulang desain sistem kendali elektrohidrolik pada mesin ini diawali dengan observasi data di lapangan dan setelah itu mulai membuat rancang ulang desain yang lebih sederhana untuk sistem kendalinya.*

*Setelah dilakukan simulasi pada perancangan ulang sistem kendali yang lebih sederhana ternyata sirkuit dapat berjalan dengan baik.*

**Kata Kunci** : mesin dry ice, elektrohidrolik, signal, kendali.

“Halaman ini sengaja dikosongkan

**RE-DESIGN THE ELECTROHYDRAULIC CONTROL  
SYSTEM OF DRY ICE PRESS MACHINE  
PT PETROKIMIA GRESIK**

**Student Name** : GAGA DIMA ARIANTO  
**NRP** : 10 2114 00000 042  
**Department** : D3 Teknik Mesin Industri  
**Counselor Lecturer** : Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc.

**Abstract**

*An industry generally produces byproducts and waste as contained in PT. PETROKIMIA Gresik. In the nitrogen plant there is a by-product of carbon dioxide gas (CO<sub>2</sub>) which is reproduced into dry ice using a Dry Ice Press machine. Because the machine contained in the field of operation can be spelled out often it is necessary to do an analysis to determine the performance of this machine. So the redesigned electrohydraulic system is divided into hydraulic power and signal control. In this final project the author focuses on redesigning the control signal (control system). This machine has the ability to compress the material by pressing the material with high pressure to reach the desired specifications.*

*The redesign of electrohydraulic control system design on this machine begins with observation of data in the field and after that begins to make a simpler design for the control system.*

*After a simulation of a simpler rework system design, the circuit works well.*

**Keywords:** dry ice machine, electrohydraulic, signal, control



“Halaman ini sengaja dikosongkan

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis ucapkan pada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini yang berjudul :

### **“PERENCANAAN ULANG SISTEM KENDALI ELEKTROHIDROLIK MESIN DRY ICE PRESS DI PT. PETROKIMIA GRESIK”**

Dalam penyusunan Tugas akhir ini penulis telah mendapat bantuan dari berbagai pihak baik secara moril maupun materi, sehingga dalam penulisan Tugas Akhir ini bisa terselesaikan. Saya dengan hormat mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan saran, masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Suhariyanto selaku koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku ketua Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS.
4. Tim dosen penguji tugas akhir, yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Bapak Eka selaku pembimbing lapangan di PT. PETROKIMIA Gresik, yang senantiasa sabar membantu dan memberikan masukan dalam penyelesaian tugas akhir.
6. Semua pihak yang belum saya sebutkan yang telah membantu dalam penyelesaian tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih begitu banyak kekurangannya, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Surabaya, Januari 2018

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Sistem Elektrohidrolik .....	5
2.1.1 Signal Control Section .....	5
2.1.2 Hydraulic Power Section .....	9
2.2 Dasar-Dasar Kelistrikan .....	10
2.2.1 Arus AC dan Arus DC .....	10
2.2.2 Hukum Ohm .....	12
2.2.3 Solenoid .....	14
2.2.4 Kapasitor.....	15
2.2.5 Diode.....	15
2.3 Electrical Components .....	16
2.3.1 Power Supply Unit.....	16
2.3.2 Push-Button dan Control Switch .....	17
2.3.3 Relay .....	19
2.4 Electrically Actuated Directional Control Valve(DCV) .....	21
2.4.1 Fungsi .....	21

2.4.2	Penamaan DCV .....	23
2.4.3	Mode Aktuasi.....	24
2.5	Diagram Sirkuit Listrik .....	26
2.5.1	Penandaan Terminal Untuk Peralatan Switching .....	26
2.5.2	Penandaan Terminal Untuk Relay .....	26
2.5.3	Aktivasi Solenoid Coil .....	27
2.5.4	Schematic Diagram.....	28
2.5.5	Diagram Simbol Kontak .....	30
2.6	Diagram Fungsi .....	30
2.6.1	Displacement-Step Diagram .....	31
2.7	Sistem Pengaman .....	31
2.7.1	Sistem Pengaman Hidrolik.....	32
2.7.2	Sistem Pengaman Kelistrikan .....	32
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>		<b>33</b>
3.1	Perancangan .....	33
3.2	Prosedur Pengembangan Sistem Kendali.....	33
3.2.1	Acuan Pemodelan Prosedur Perencanaan .....	34
3.3	Skema Prosedur Perancangan .....	36
3.4	Diagram Alir .....	37
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>		<b>41</b>
4.1	Deskripsi Mesin Dry Ice Press .....	41
4.2	Prosedur Perancangan Desain Sistem Kendali.....	41
4.2.1	Data Hasil Observasi Lapangan.....	41
4.2.2	Perumusan Dari Definisi Tugas .....	46
4.2.2.1	Positional Sketch.....	46
4.2.2.2	Daftar Kebutuhan Spesifik.....	47
4.2.2.3	Movement Cycle .....	48
4.2.3	Dasar Implementasi Sistem Kendali .....	49
4.2.3.1	Konsep Panel Kendali Operator.....	49
4.2.3.2	Pemilihan Komponen.....	51
4.2.4	Representasi Grafis .....	54
4.2.4.1	Displacement-Step Diagram .....	54

4.2.5 Mendesain Sistem Kendali .....	56
4.2.5.1 Hydraulic Circuit Diagram .....	56
4.2.5.2 Electric Circuit Diagram .....	57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIODATA</b>	

“Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem elektrohidrolik .....	5
Gambar 2.2	Aliran sinyal pada sistem kontrol elektrohidrolik .....	7
Gambar 2.3	Sistem kendali elektrohidrolik .....	8
Gambar 2.4	Pemrosesan sinyal pada sistem kendali elektrohidrolik .....	9
Gambar 2.5	Arus listrik AC .....	11
Gambar 2.6	Arus listrik DC .....	11
Gambar 2.7	Sirkuit DC .....	12
Gambar 2.8	Jenis solenoid air-core coil dan iron-core coil .....	14
Gambar 2.9	Skema kerja kapasitor .....	15
Gambar 2.10	Fungsi diode .....	16
Gambar 2.11	Component parts of power supply unit .....	17
Gambar 2.12	Normally open contact (make) .....	18
Gambar 2.13	Normally close contact (break) .....	18
Gambar 2.14	Simbol normally open dan normally close contact .....	18
Gambar 2.15	Simbol limit switch .....	19
Gambar 2.16	Simbol relay .....	19
Gambar 2.17	Simbol switch-on delay dengan setting 5 detik.....	20
Gambar 2.18	Simbol counter dengan setting 5 kali pulse..	20
Gambar 2.19	Simbol solenoid valve .....	20
Gambar 2.20	Aktuasi single acting silinder .....	22
Gambar 2.21	Aktuasi double acting silinder.....	23
Gambar 2.22	Penamaan dan sirkuit simbol DCV .....	24
Gambar 2.23	Mode aktuasi DCV pada sistem kendali elektrohidrolik .....	25
Gambar 2.24	Penandaan terminal untuk switching element .....	26
Gambar 2.25	Penandaan terminal relay .....	27
Gambar 2.26	Aktivasi secara direct dan indirect .....	28



Gambar 2.27	Contoh sirkuit diagram.....	29
Gambar 2.28	Contoh dari simbol kontak .....	30
Gambar 2.29	Displacement-step diagram .....	31
Gambar 3.1	Project design .....	33
Gambar 3.2	Diagram alir prosedur perancangan .....	39
Gambar 4.1	Mesin Dry Ice Press .....	42
Gambar 4.2	Silinder utama (1A).....	43
Gambar 4.3	Twin silinder (2A, 3A).....	43
Gambar 4.4	Pompa.....	44
Gambar 4.5	Directional control valve .....	44
Gambar 4.6	Panel kendali operator .....	45
Gambar 4.7	Rangkaian listrik .....	45
Gambar 4.8	Positional Sketch.....	46
Gambar 4.9	Desain panel kendali .....	51
Gambar 4.10	Displacement-step diagram.....	54
Gambar 4.11	Sirkuit hidrolik .....	56
Gambar 4.12	Sirkuit listrik.....	59
Gambar 4.13	Sirkuit pengaman motor .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar kebutuhan .....	34
Tabel 4.1 Daftar kebutuhan spesifik.....	47
Tabel 4.2 Movement cycle .....	48
Tabel 4.3 Alokasi untuk mesin Dry Ice Press .....	53

“Halaman ini sengaja dikosongkan

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Suatu industri secara umumnya menghasilkan produk sampingan dan limbah. Perlu penanganan khusus untuk mengolah produk sampingan dan limbah ini agar tak berdampak buruk bagi lingkungan. Untuk menekan pengeluaran tak jarang suatu industri atau perusahaan membuat produk sampingan ini menjadi produk baru yang berguna untuk dijual.

Salah satu yang menjadi pembahasan dalam tugas akhir ini adalah produk sampingan dari perusahaan pupuk yang ada di Jawa Timur yakni PT. PETROKIMIA Gresik. Di unit pabrik nitrogen PT. PETROKIMIA Gresik terdapat produk sampingan yakni gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang berasal dari produksi pupuk ZA.

Karena gas  $\text{CO}_2$  ini masih bisa dimanfaatkan maka dibuatlah produk baru yakni dry ice. Dry ice merupakan wujud padat dari gas karbondioksida yang telah dikristalkan dan dipadatkan dengan tekanan tertentu. Awal proses produksi dry ice adalah gas  $\text{CO}_2$  dicairkan dengan penekanan dan pendinginan dengan intercooler. Gas  $\text{CO}_2$  ditekan dengan tekanan sebesar 387 bar pada suhu kamar (di jaga pada suhu kamar). Selanjutnya  $\text{CO}_2$  cair disemprotkan melalui nozel pada ruang (snow tower) pada tekanan atmosfer,  $\text{CO}_2$  liquid mengalami laju ekspansi dan evaporasi dengan sangat cepat hingga mencapai titik bekunya pada temperatur  $-78,3^\circ\text{C}$ . Sebagian besar liquid yang disemprotkan membeku (menjadi butiran salju) dan sisanya menguap, gas sisa dihisap kembali ke dalam saluran gas. Proses setelahnya adalah salju yang terbentuk ditekan dengan tekanan tertentu.

Produk ini bermanfaat untuk pendingin pada industri es krim, media pengawetan, pembuatan asap pada pementasan, cold storage (ekspor ikan tuna) dll.

Untuk memproduksi dry ice diperlukan alat yang mampu mengkristalkan gas dan memadatkan kristal karbondioksida. PT. PETROKIMIA Gresik memiliki mesin tersebut yaitu mesin dry ice

press. Mesin ini memiliki kemampuan memadatkan bahan dengan cara menekan bahan tersebut dengan tekanan tinggi hingga mencapai spesifikasi yang diinginkan. Kerja mesin ini ditopang oleh sistem elektrohidrolik.

Terdapat tiga silinder yang bekerja pada mesin ini, yaitu silinder utama yang bertugas untuk memberikan tekanan yang mengarah ke cetakan untuk memadatkan butiran salju hingga beberapa kali langkah dan dua silinder lainnya yang bertugas menahan tekanan dari silinder utama.

Mesin ini dalam pengoperasiannya bisa dibilang sering. Maka dari itu perlu dilakukan analisa dan pembelajaran untuk mengetahui performa mesin ini dan dibuatlah desain ulang sistem elektrohidrolik yang terbagi atas hydraulic power dan signal control.

Pada tugas akhir ini penulis berfokus pada perancangan ulang signal control (sistem kendali) dari mesin untuk memadatkan kristal dari CO<sub>2</sub> yakni mesin Dry Ice Press. Untuk perhitungan mekanis yang terkait dengan perncangan sirkuit hidrolik dikerjakan oleh rekan yang mengerjakan tugas akhir pada alat yang sama.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis berharap dapat mempelajari cara kerja mesin Dry Ice Press dan melakukan perancangan ulang sirkuit listrik yang lebih sederhana agar nantinya bermanfaat untuk implementasi di lapangan yang mencakup perancangan dan pemeliharaan suatu alat atau mesin yang berbasis elektrohidrolik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang didapat oleh penulis dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang ulang sistem kendali elektrohidrolik dari mesin Dry Ice Press yang lebih sederhana?
2. Perancangan kendali otomatis dan manual pada sirkuit listrik.

### **1.3 Batasan Masalah**

Untuk mempermudah pengerjaan tugas akhir ini maka penulis memberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Tugas akhir ini berfokus pada perancangan ulang sistem kendali elektrohidrolik. Sehingga perhitungan mekanik tidak disertakan dalam tugas akhir ini.
2. Perancangan menggunakan aplikasi komputer fluidsim buatan festo versi 4.2p/1.67 Hydraulics.
3. Batasan lain ada dalam pembahasan bila diperlukan.

### **1.4 Tujuan Tugas akhir**

Tujuan pada tugas akhir tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang ulang sistem kendali elektrohidrolik dari mesin Dry Ice Press yang lebih sederhana.
2. Mempelajari cara merancang kendali otomatis dan manual pada sirkuit listrik.

### **1.5 Manfaat Tugas akhir**

Dari tugas akhir ini penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan pembaca khususnya mahasiswa yang ingin belajar mengenai perancangan elektrohidrolik, antara lain:

1. Dapat memahami cara merancang sistem kendali elektrohidrolik dari mesin Dry Ice Press.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk menghasilkan suatu laporan yang tersusun secara sistematis, maka dalam penyusunan laporan tugas akhir ini digunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

- **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

- **BAB II DASAR TEORI**

Pada bab ini menguraikan teori yang akan dijadikan landasan untuk pengerjaan tugas akhir. Teori yang dijabarkan di dalam bab ini mencakup teori yang menjadi filosofis dasar yang penting bagi perancangan ulang sistem kendali elektrohidrolik.

- **BAB III METODOLOGI**

Bab ini menjelaskan metodologi dalam perancangan ulang desain sirkuit listrik mesin Dry Ice Press, yakni termasuk prosedur perancangan, skema perancangan alat dan diagram alir.

- **BAB IV PEMBAHASAN**

Pada bab ini dituliskan pembahasan mengenai perancangan ulang sistem kendali elektrohidrolik dari mesin Dry Ice Press.

Dalam pembahasan ini dijabarkan secara sistematis tahapan dari perancangan sistem kendali elektrohidrolik dari mesin mulai pembuatan desain gambar hingga hasil akhirnya adalah sirkuit listrik.

- **BAB V PENUTUP**

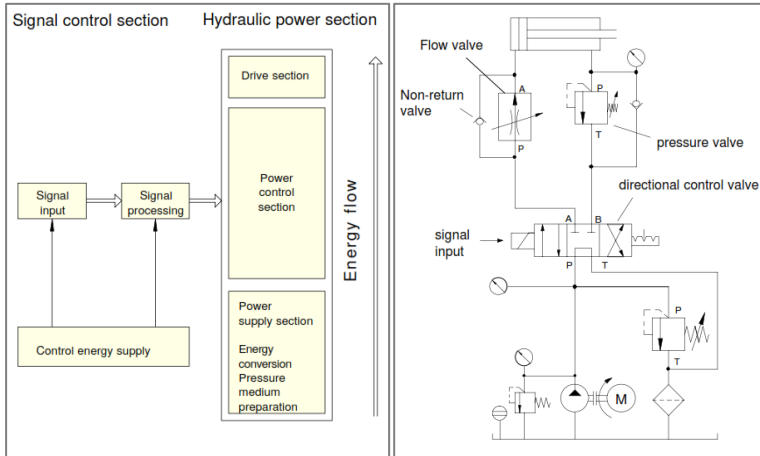
Bab ini memberikan kesimpulan dari hasil tugas akhir ini.

- **DAFTAR PUSTAKA**

- **LAMPIRAN**

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Sistem Elektrohidrolik



Gambar 2.1 Sistem elektrohidrolik  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

Uraian berikut akan menjelaskan komponen-komponen utama dari sistem elektrohidrolik yang pada dasarnya terdiri atas bagian pengontrol sinyal (signal control section) dan bagian daya hidrolik(hydraulic power section) dengan arah aliran sinyal seperti gambar 2.1 diatas.

#### 2.1.1 Signal Control Section

Bagian ini berfungsi menghasilkan sinyal listrik yang akan diproses dan selanjutnya ditransmisikan menuju hydraulic power section melalui interface. Bagian ini pada prinsipnya terdiri atas sinyal input atau sensor dan pemrosesan sinyal atau signal processing.

Pada sistem elektrohidrolik, sinyal input biasanya diberikan oleh operator dengan menggunakan push-button switch



dan sinyal-sinyal yang ditransmisikan di dalam sistem seperti limit switch, proximity switch dan temperature sensor. Pemrosesan sinyal dilakukan dengan menggunakan sirkuit listrik atau PLC (programmable logic controller).

Interface pada sistem elektrohidrolik biasanya dipakai katup – katup solenoid yang menghubungkan antara signal control section dan power section.

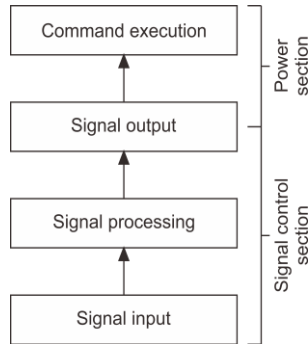
#### 1. Aliran Sinyal dalam Sistem Kontrol elektrohidrolik

Sistem kontrol yang digunakan pada sistem elektrohidrolik pada dasarnya terdiri atas sinyal input, prosesing sinyal, sinyal output dan eksekusi perintah. Keterkaitan sinyal – sinyal ini dalam aplikasinya biasanya ditunjukkan oleh diagram aliran sinyal atau signal flow diagram.

Sinyal input dan sinyal proses merupakan sinyal dengan daya rendah. Pada tahap sinyal output, sinyal akan diperkuat dari daya rendah ke daya tinggi dan sinyal ini menjembatani antara signal control section dan power section.

Eksekusi perintah akan terjadi pada daya tinggi dan sinyal ini merupakan bagian dari power section dari sistem kontrol.

Komponen – komponen kontrol pada sistem elektrohidrolik disusun sedemikian rupa sehingga aliran sinyalnya jelas yaitu dari bawah ke atas.



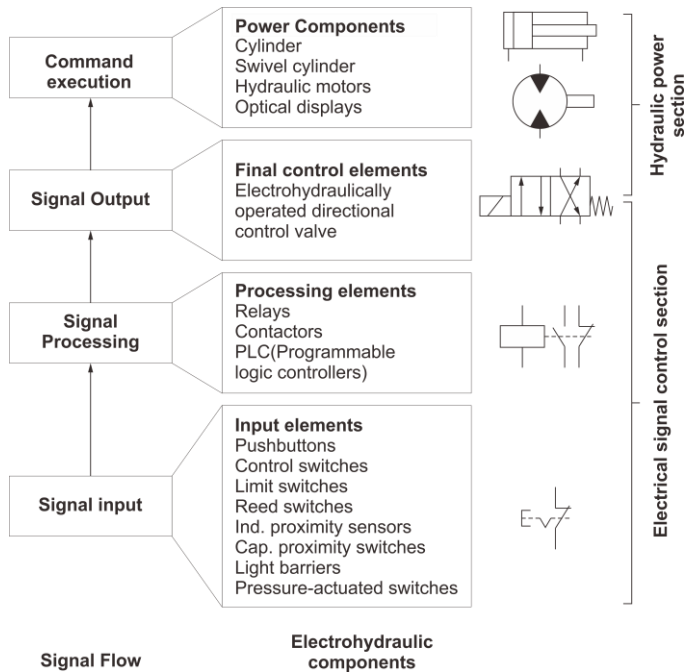
Gambar 2.2 Aliran sinyal pada sistem kontrol elektrohidrolik (Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

## 2. Sistem Kendali Elektrohidrolik

Penggerak elektrohidrolik pada prinsipnya hanya akan bekerja bila gerakannya tepat dan dilakukan pada waktu serta urutan langkah yang tepat.

Fungsi sistem kontrol yang digunakan pada sistem elektrohidrolik adalah mengkoordinasikan urutan gerakan dari penggerak tersebut.

Pada sistem kontrol elektrohidrolik ini, pengontrol sinyal menggunakan peralatan listrik seperti relay, proximity switch atau mungkin programmable logic controller, lihat gambar 2.3 dibawah ini.



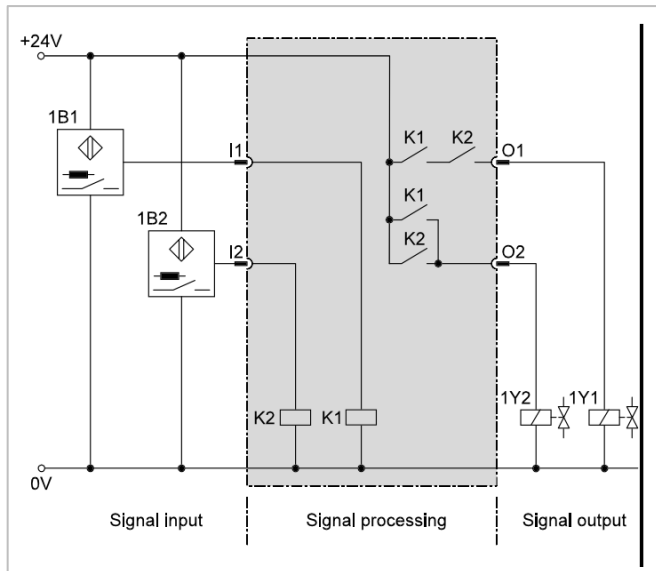
Gambar 2.3 Sistem kendali elektrohidrolik  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

### 3. Pemrosesan Sinyal Pada Sistem Kendali Elektrohidrolik

Pemrosesan sinyal pada sistem kontrol elektrohidrolik pada dasarnya terdiri atas 3 kelompok fungsi yaitu :

- Sinyal input dilakukan oleh sensor, push button atau control switch.
- Pemrosesan sinyal dilakukan oleh sistem kontrol relay atau PLC.
- Sinyal output dilakukan dengan menggunakan directional control valve dengan penggerak solenoid.

Gambar 2.4 berikut menunjukkan bagian kontrol sinyal dari sistem kontrol elektrohidrolik dimana relay digunakan sebagai pemroses sinyal.



Gambar 2.4 Pemrosesan sinyal pada sistem kendali elektrohidrolik  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

### 2.1.2 Hydraulic Power Section

Pada bagian ini energi listrik mula - mula diubah menjadi energi hidrolik dan akhirnya diubah lagi menjadi energi mekanik pada drive section. Bagian ini dapat dibagi lagi menjadi power supply section, power control section dan drive section.

#### 1. Power supply section

Pada bagian ini terjadi proses perubahan energi dan pengkondisian tekanan fluida kerja. Komponen-komponen yang digunakan untuk konversi energi meliputi

motor listrik, motor pembakaran dalam, kopling, pompa, indikator tekanan dan sistem pengaman. Komponen-komponen berikut berkaitan dengan pengkondisian fluida kerja yaitu filter, cooler, heater, thermometer, pressure gauge, fluida hidrolik, reservoir dan indikator permukaan.

2. Power control section

Pada sistem elektrohidrolik proses power control dilakukan oleh katup yang mengirimkan daya dari power supply section menuju drive section. Komponen-komponen pada bagian ini meliputi directional control valve, flow control valve, pressure control valve dan non-return valve.

3. Drive section

Bagian ini bertugas mengeksekusi gerakan kerja mesin atau sistem manufaktur. Energi yang terkandung dalam fluida hidrolik digunakan untuk menggerakkan berbagai beban. Komponen-komponen bagian ini biasanya mencakup silinder dan motor hidrolik.

## **2.2 Dasar-Dasar Kelistrikan**

### **2.2.1 Arus AC dan Arus DC**

Sirkuit listrik sederhana terdiri dari sumber tegangan, beban dan jalur koneksi. Secara fisik pembawa muatan-elektron bergerak melalui sirkuit listrik dengan media konduktor dari kutub negatif ke kutub positif dari sumber tegangan. Gerakan dari muatan ini disebut arus listrik. Arus hanya dapat mengalir hanya jika suatu sirkuit tertutup.

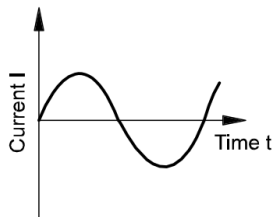
Terdapat dua jenis arus listrik yaitu arus AC (Alternating current) dan arus DC (Direct current).

1. Arus listrik AC (Alternating current)

Merupakan listrik yang besarnya dan arah arusnya selalu berubah-ubah dan bolak-balik. Arus listrik AC akan

membentuk suatu gelombang yang dinamakan dengan gelombang sinus atau lebih lengkapnya sinusoida. Di Indonesia sendiri listrik bolak-balik (AC) dipelihara dan berada dibawah naungan PLN, Indonesia menerapkan listrik bolak-balik dengan frekuensi 50Hz. Tegangan standar yang diterapkan di Indonesia untuk listrik bolak-balik 1 (satu) fasa adalah 220 volt.

**Alternating current**

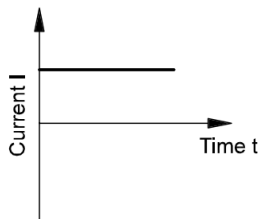


Gambar 2.5 Arus listrik AC  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

2. Arus listrik DC (Direct current)

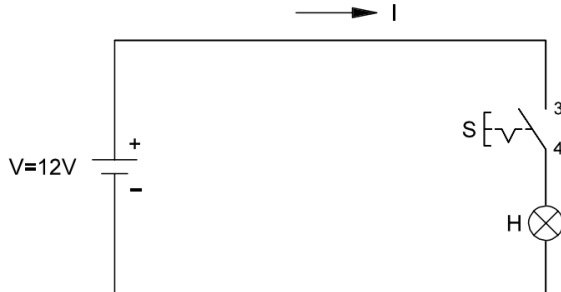
Jika arus listrik AC besar dan arah arusnya bolak balik maka berbeda dengan arus listrik DC, listrik DC memiliki arus yang searah dan besar tegangannya konstan.

**Direct current**



Gambar 2.6 Arus listrik DC  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

Gambar 2.7 menunjukkan sirkuit DC sederhana yang terdiri dari sumber tegangan, jalur koneksi, saklar dan beban(lampu).



Gambar 2.7 Sirkuit DC  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

Ketika saklar ditekan maka arus melewati beban(lampu). Elektron berpindah dari kutub negatif ke kutub positif dari sumber tegangan. Teori yang lama dipakai yakni listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif telah ditetapkan sebelumnya hingga akhirnya elektron ditemukan.

### 2.2.2 Hukum Ohm

1. Konduktor listrik  
Konduktor merupakan material yang mampu mengalirkan arus listrik. Material yang umum dan sering digunakan adalah dari bahan tembaga, aluminium dan silver.
2. Tahanan listrik  
Setiap material memiliki tahanan terhadap arus listrik. Hal ini dapat dilihat ketika elektron yang bergerak bebas bertabrakan dengan atom dari suatu material dan

menghambat gerakannya. Suatu hambatan nilainya rendah dalam material konduktor dan tinggi pada material yang disebut isolator. Karet dan plastik merupakan suatu isolator, pembungkus kabel pada umumnya menggunakan isolator berupa karet.

### 3. Sumber GGL

Kutub negatif dari sumber tegangan memiliki kelebihan elektron, sedangkan kutub positif sebaliknya. Perbedaan ini menghasilkan sumber ggl.

### 4. Hukum Ohm

Hukum Ohm menjelaskan suatu hubungan antara tegangan, arus dan hambatan. Hal ini menyatakan suatu rangkaian listrik yang diberi hambatan, maka arus yang mengalir sebanding dengan tegangan. Dengan kata lain jika nilai tegangan dinaikkan maka nilai arus listrik juga naik, dan jika nilai tegangan diturunkan maka nilai arusnya juga turun. Berikut persamaannya:

$$V = I \cdot R$$

Keterangan:

V = Tegangan listrik

I = Arus listrik

R = Tahanan

Unit:

Volt (V)

Ohm ( $\Omega$ )

Ampere (A)

### 5. Daya Listrik

Daya listrik seperti daya mekanik, dilambangkan oleh huruf P dalam persamaan listrik. Pada rangkaian arus DC daya listrik sesaat dihitung menggunakan Hukum Joule, sesuai nama fisikawan Britania James Joule, yang pertama kali menunjukkan bahwa energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik, dan sebaliknya. Berikut persamaannya:



$$P = V.I$$

Keterangan:

V = Tegangan listrik

I = Arus listrik

P = Daya

Unit:

Volt (V)

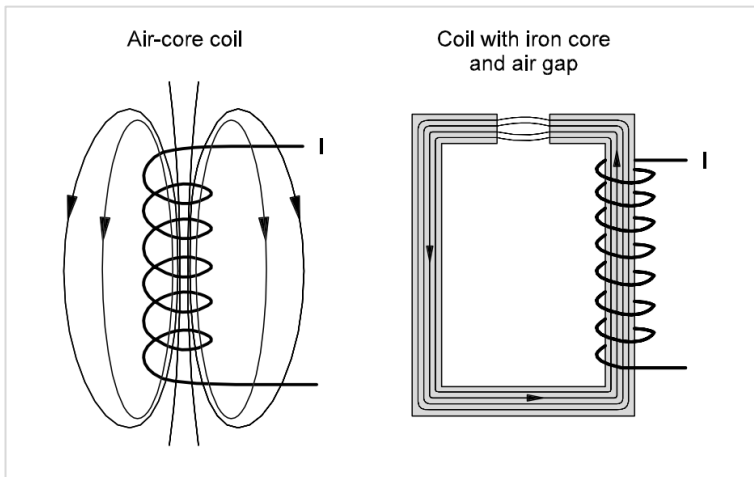
Ohm ( $\Omega$ )

Watt (W)

### 2.2.3 Solenoid

Solenoid adalah salah satu jenis kumparan terbuat dari kabel panjang yang dililitkan secara rapat dan dapat diasumsikan bahwa panjangnya jauh lebih besar daripada diameternya. Ketika solenoid dialiri listrik maka medan magnet tercipta.

Dalam sistem kendali elektrohidrolik, solenoid digunakan untuk mengendalikan saklar dari suatu katub, relay atau kontaktor.



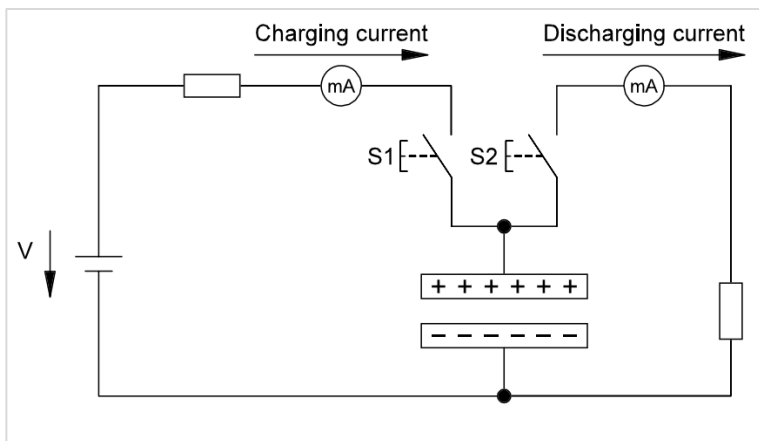
Gambar 2.8 Jenis solenoid  
air-core coil dan iron-ore coil  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

Solenoid dengan iron-core cenderung memiliki medan magnet lebih besar jika dibandingkan dengan air-core coil karena saat listrik mengalir pada solenoid(iron-core coil) medan magnet juga terjadi pada iron core.

#### 2.2.4 Kapasitor

Kapasitor terdiri dari dua plat metal dengan lapisan isolasi oleh bahan dielektrik diantara kedua plat tersebut. Jika kapasitor terhubung dengan sumber tegangan DC maka kapasitor terisi oleh muatan listrik.

Contoh pada gambar 2.9, ketika saklar S1 tertutup maka kapasitor mengisi muatan pada kapasitor, satu sisi plat kapasitor akan kelebihan muatan negatif dan sebaliknya pada plat yang satunya akan kekurangan muatan negatif. Dan ketika saklar S2 ditutup maka kapasitor akan melepaskan muatannya secara penuh.

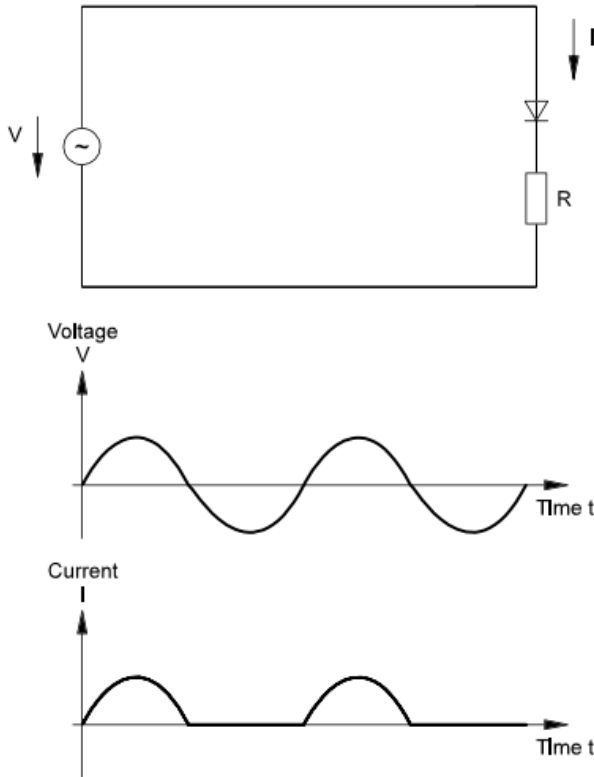


Gambar 2.9 Skema kerja kapasitor  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

#### 2.2.5 Diode

Diode merupakan komponen elektronika yang memungkinkan suatu arus listrik mengalir hanya pada satu arah.

Biasanya diode digunakan sebagai penyearah arus pada rangkaian rectifier.

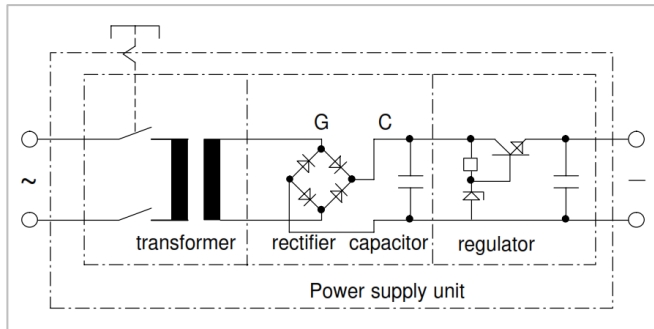


Gambar 2.10 Fungsi diode  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

## 2.3 Electrical Components

### 2.3.1 Power Supply Unit

Sistem kendali elektrohidrolik umumnya disuplay bukan dari sumber tegangan sendiri (seperti baterai) tetapi dari suplai listrik utama.



Gambar 2.11 Component parts of power supply unit  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

Cara kerja gambar 2.11 yaitu ketika sumber tegangan AC dihubungkan pada rangkaian maka arus akan melewati transformator, pada transformator tegangan akan diturunkan tergantung pada spesifikasi transformator. Lalu arus akan melewati rangkaian rectifier untuk disearahkan, prinsipnya mirip dengan non return valve. setelah melewati rangkaian rectifier maka bentuk dari gelombang listrik akan terputus-putus (lihat gambar 2.10). Selanjutnya kapasitor bertugas untuk mengisi kekosongan gelombang tersebut dengan melepaskan muatannya.

### 2.3.2 Push-Button dan Control Switches

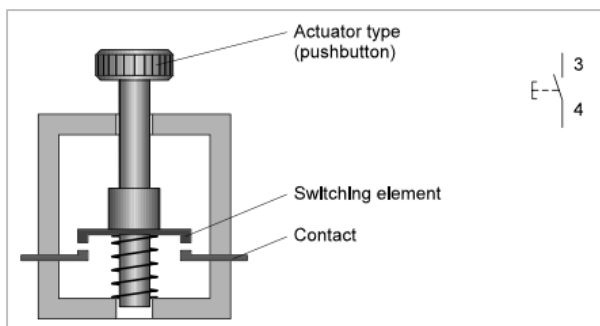
Saklar ini dipasang pada sirkuit untuk mengalirkan dan memutus arus listrik. Saklar ini dibagi menjadi dua yaitu push button dan control switches.

Control Switches memiliki penahan mekanik sehingga ketika ditekan maka posisinya tidak berubah. Seperti saklar lampu contohnya.

Push Button Switches hanya akan mempertahankan posisinya ketika saklar teraktuasi. Contohnya pada bell.

#### 1. Kondisi Normally Open

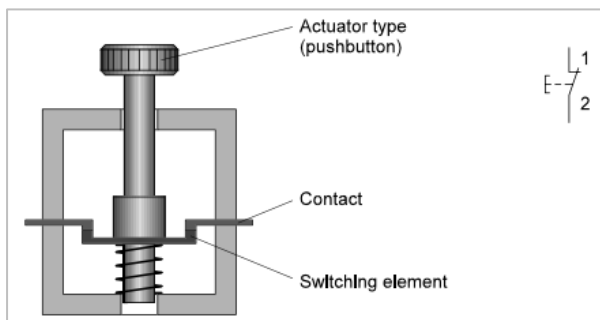
Pada normally open sirkuit terbuka pada posisi awal atau saat tidak ditekan dan berlaku kebalikannya.



Gambar 2.12 Normally open contact (make)  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

## 2. Kondisi Normally Close

Untuk normally close sirkuit tertutup pada posisi awal namun akan terbuka saat ditekan.



Gambar 2.13 Normally close contact (break)  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

## 3. Switching Elements



Gambar 2.14 Simbol normally open  
dan normally close contact

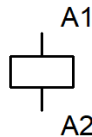
Switching element lain yang digunakan dalam perancangan adalah limit switches. Limit switches bekerja ketika teraktuasi, biasanya pada akhir langkah maju atau mundur dan bisa juga ditempatkan pada posisi yang diinginkan dari suatu penggerak(silinder piston).



Gambar 2.15 Simbol limit switch

### 2.3.3 Relay

Relay adalah saklar yang digerakkan secara elektromagnetik. Ketika tegangan listrik mengalir ke koil solenoid maka suatu medan elektromagnet terjadi. Hal ini menyebabkan armatur tertarik ke inti koil (coil core). Armatur menggerakkan kontak relay, bisa menutup atau membuka, tergantung desainnya. Return spring mengembalikan armature ke posisi semula saat arus ke koil terputus.



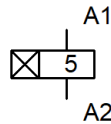
Gambar 2.16 Simbol relay

Beberapa relay yang digunakan dalam perancangan sebagai berikut:

- Switch-on delay

Relay ini memungkinkan suatu rangkaian listrik memberikan waktu delay yang diinginkan untuk mengalirkan listrik. Kita dapat mengatur berapa lama delay yang kita inginkan sehingga memungkinkan

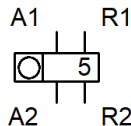
membuat suatu rangkaian yang kita butuhkan untuk delay waktu.



Gambar 2.17 Simbol switch-on delay dengan setting 5 detik

- Counter

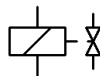
Counter biasanya digunakan untuk menghitung jumlah gerakan pada penggerak(drive) sehingga jika gerakan telah mencapai jumlah yang diinginkan maka counter dapat memberikan suatu sinyal dengan mengalirkan listrik sesuai dengan rangkaian yang telah dibuat. Counter menghitung dari arus yang dilewatkan pada kaki A1 dan fungsi dari kaki R1 digunakan untuk mengembalikan hitungan pada jumlah yang telah disetting(lihat gambar 2.18).



Gambar 2.18 Simbol counter dengan setting 5 kali pulse

- Solenoid Relay

Ketika dialiri listrik valve solenoid relay bekerja sebagai penggerak katub.



Gambar 2.19 Simbol solenoid valve

## **2.4 Electrically Actuated Directional Control Valve (DCV)**

### **2.4.1 Fungsi**

Sistem kendali elektrohidrolik bekerja dengan dua bagian energi yaitu:

- Energi listrik dari signal control section
- Fluida bertekanan dari power section

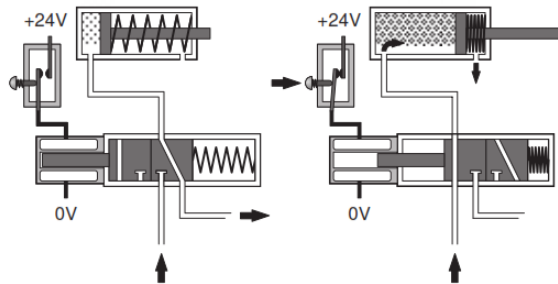
Directional control valve yang digerakkan secara elektrik merupakan interface diantara dua bagian sistem kendali elektrohidrolik. Diaktifkan oleh sinyal output oleh signal control section serta melakukan switching (membuka dan menutup) oleh power section. Tugas penting dari directional control valve yang digerakkan secara elektrik yaitu:

- Mengalirkan dan menutup suplai fluida cair bertekanan dari tangki menuju ke penggerak (silinder, motor).
- Mengatur langkah dari penggerak

Gambar 2.20 menunjukkan directional control valve digerakkan secara elektrik yang mengendalikan gerakan dari single-acting cylinder. Katub ini memiliki 3 port dan dua posisi switching.

- Jika tidak ada arus yang mengalir pada koil solenoid pada maka tidak terjadi apa-apa, dengan kata lain DCV dan silinder piston berada pada posisi awal.
- Jika arus listrik dialirkan pada koil solenoid maka DCV akan aktif dan membuka katub yang mengalirkan fluida cair bertekanan ke silinder sehingga piston rod melakukan ekstensi.
- Ketika arus diputus maka DCV akan kembali ke posisi semula yang didorong oleh spring return dan fluida cair keluar melalui DCV.

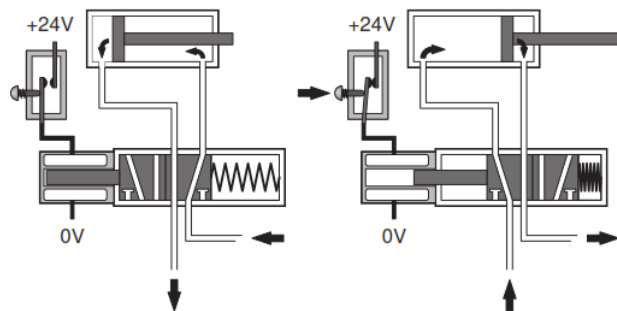




Gambar 2.20 Aktuasi single acting silinder  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

Penggerak double acting silinder pada gambar 2.21 teraktuasi oleh DCV dengan 5 port dan dua switching posisi.

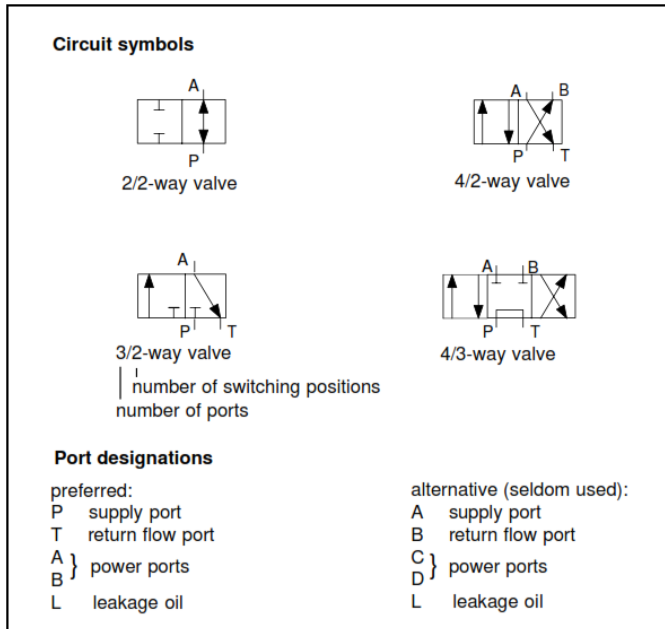
- Jika tidak ada arus yang mengalir pada koil solenoid maka DCV diam dan piston rod tetap pada posisi awal yaitu pada posisi retraksi.
- Jika arus listrik dialirkan pada koil solenoid, maka DCV berganti posisi. Ruang sebelah kiri dari piston tertekan oleh fluida cair dan bagian ruang kanan akan mengosongkan fluida. Sehingga piston rod melakukan ekstensi.
- Ketika arus listrik diputus maka DCV akan kembali ke posisi awal dan fluida cair keluar melalui sisi kiri piston lalu piston melakukan retraksi atau mundur.



Gambar 2.21 Aktuasi double acting silinder  
(Prede, G., dan D. Scholz. 2002)

#### 2.4.2 Penamaan DCV

1. DCV digambarkan dengan sejumlah kotak berhimpit.
2. Jumlah kotak sesuai dengan jumlah posisi switching dari katub
3. Panah pada kotak menunjukkan arah aliran.
4. Garis di dalam kotak menunjukkan bagaimana port terhubung satu dengan lainnya pada beberapa posisi switching.
5. Ada dua cara penamaan pada port: ada yang menggunakan P, T, A, B, L, atau secara kontinyu A, B, C, D, ..., dan metode pertama lebih sering digunakan.
6. Pada penyebutan DCV jumlah port ditulis dahulu kemudian dilanjutkan pada penulisan posisi switching. Seperti 3/2-way valve memiliki 3 port dan 2 posisi switching.



Gambar 2.22 Penamaan dan sirkuit simbol DCV  
(Merkle, D., K. Rupp dan D. Scholz. 1994)

### 2.4.3 Mode Aktuasi

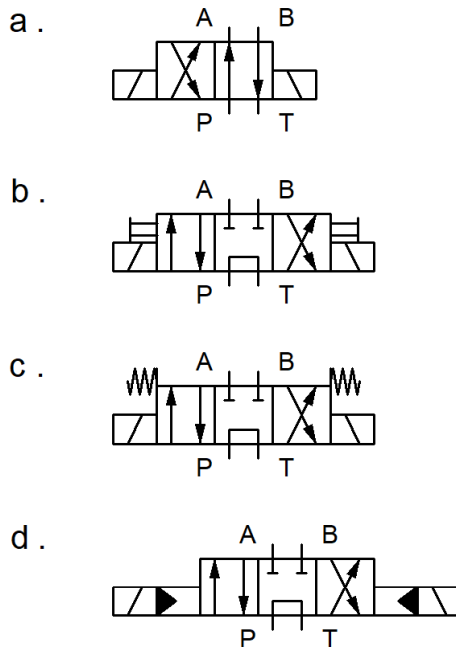
DCV dengan aktuasi elektrik dioperasikan dengan bantuan solenoid. Katub dengan spring return hanya akan mempertahankan posisinya ketika arus tetap mengalir, namun akan kembali ke posisi semula ketika arus listrik diputus. Katub tanpa spring return, katub ini akan mempertahankan posisinya ketika arus listrik mengalir pada solenoid maupun tidak.

Dibawah ini akan dijelaskan beberapa mode aktuasi dari DCV (lihat gambar 2.23).

- Katub pada gambar 2.23a menunjukkan katub 4/2-way valve yang dioperasikan hanya dengan solenoid
- Katub pada gambar 2.23b menunjukkan katub 4/3-way valve dengan solenoid yang dilengkapi dengan mode

aktuasi secara manual sehingga memungkinkan katup dioperasikan secara manual.

- Katub pada gambar 2.23c menunjukkan katub 4/3-way valve dengan solenoid yang dilengkapi dengan spring return. Katub ini beroperasi ketika salah satu solenoid dialiri listrik dan akan merubah posisinya dan akan kembali pada posisi semula ketika arus listrik diputus.
- Katub pada gambar 2.23d menunjukkan katub 4/3-way valve dengan solenoid yang dilengkapi dengan aktuasi pilot sehingga memungkinkan operasi dilakukan otomatis oleh pilot(biasanya terhubung dengan katub lain).



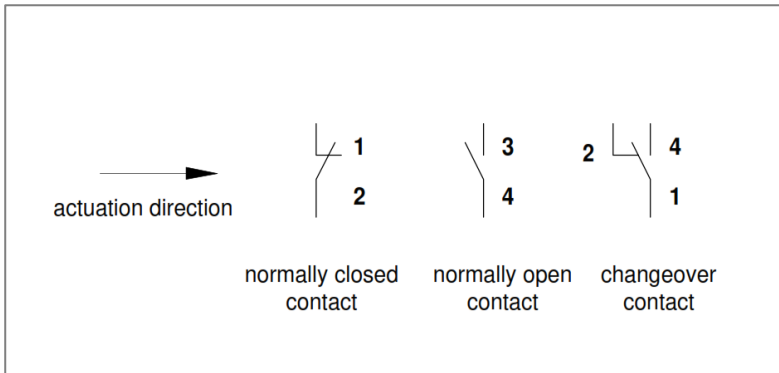
Gambar 2.23 Mode aktuasi DCV pada sistem kendali elektrohidrolik (Merkle, D., K. Rupp dan D. Scholz. 1994)

## 2.5 Diagram Sirkuit Listrik

Pada diagram sirkuit listrik koneksi dari switching elemen dengan single kontak dinyatakan dengan nomor digit tunggal.

### 2.5.1 Penandaan Terminal Untuk Peralatan Switching

Normally close kontak ditandai dengan digit angka 1 dan 2, untuk normally open ditandai dengan digit angka 3 dan 4. Terminal untuk changeover kontak ditentukan dengan digit angka 1, 2 dan 4. Penjelasan lebih detail dapat dilihat pada DIN EN 50 005 dan DIN EN 50 011-13.

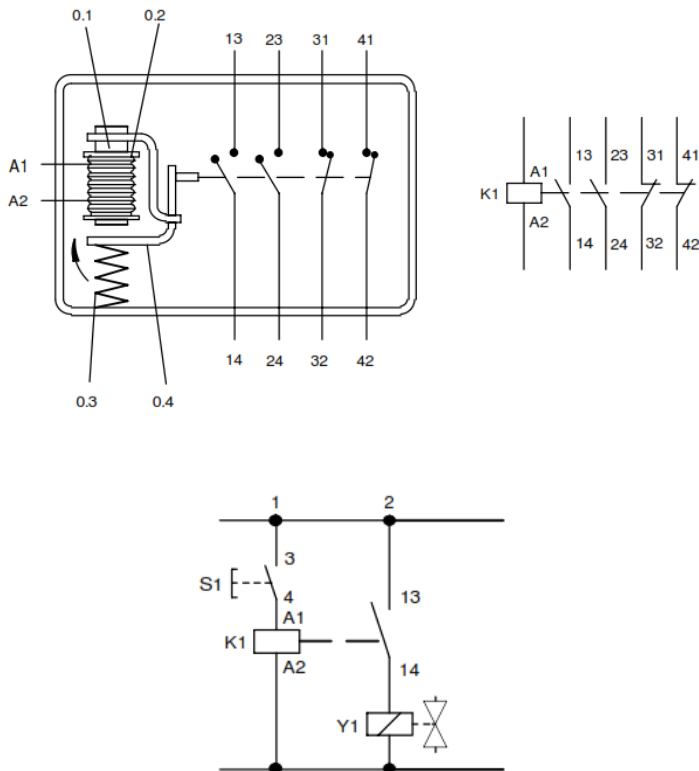


Gambar 2.24 Penandaan terminal untuk switching elemen (Merkle, D., K. Rupp dan D. Scholz. 1994)

### 2.5.2 Penandaan terminal untuk relay

Terminal dari auxiliary contacts (kontak relay) ditentukan dengan dua digit angka. Digit pertama adalah nomor urut sedangkan digit kedua adalah nomor fungsi (normally close atau normally open).

Pada diagram sirkuit koil relay ditandai dengan huruf K dengan penomoran, contohnya K1, K2, K3 dll. Dan terminal koil ditandai dengan huruf dan angka A1 dan A2.



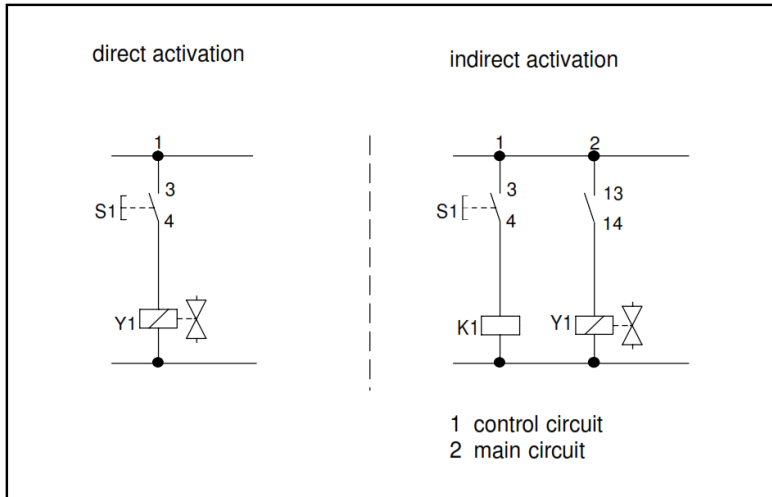
Gambar 2.25 Penandaan terminal relay  
(Merkle, D., K. Rupp dan D. Scholz. 1994)

### 2.5.3 Aktivasi Solenoid Koil

Koil solenoid dari katub merupakan interface antara hydraulic power section dan electric signal section.

Memungkinkan suatu koil solenoid diaktifkan secara langsung (direct) menggunakan saklar dan dapat diaktifkan secara tidak langsung (indirect) menggunakan relay. Pada kasus aktivasi

indirect perbedaan terdapat pada sirkuit kendali(sirkuit pelindung relay) dan main sirkuit(sirkuit pelindung solenoid).

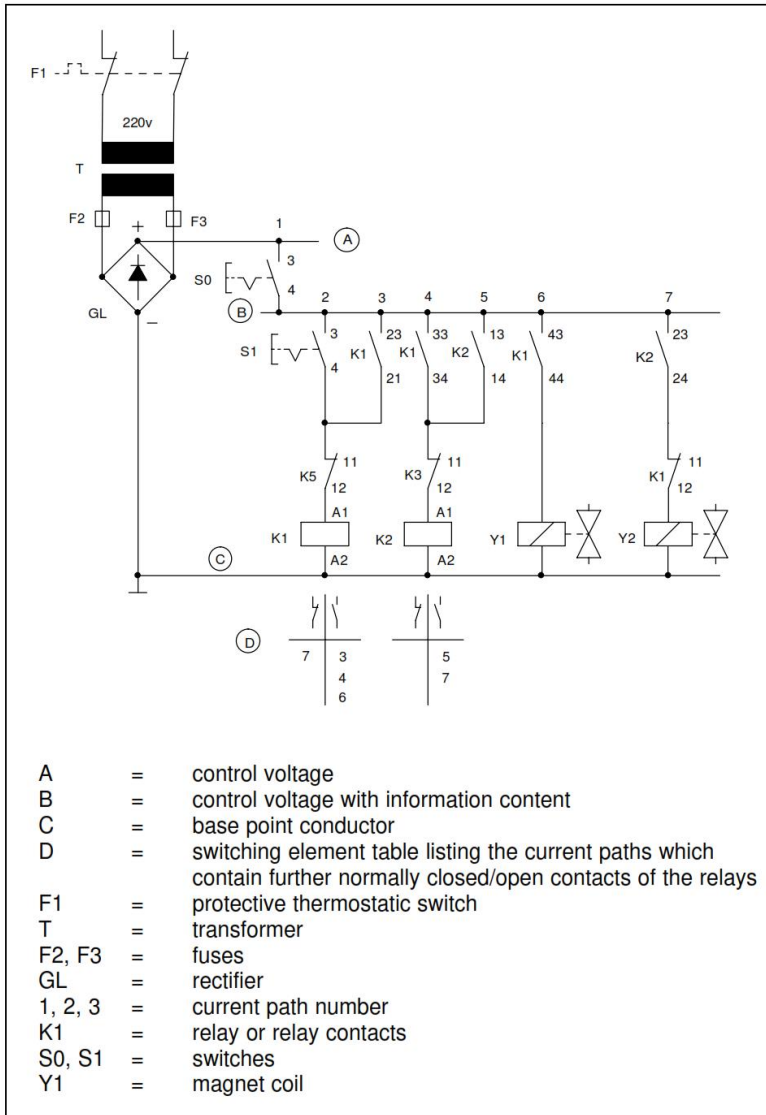


Gambar 2.26 Aktivasi secara direct dan indirect  
 (Merkle, D., K. Rupp dan D. Scholz. 1994)

#### 2.5.4 Schematic Diagram

Schematic diagram menunjukkan secara detail penggambaran dari sirkuit dengan komponen, garis dan titik penghubung.

Untuk memastikan bahwa schematic diagram dari sistem skala besar tidak menjadi rumit maka schematic diagram perlu dipisahkan menjadi beberapa schematic diagram.



Gambar 2.27 Contoh sirkuit diagram  
(Merkle, D., K. Rupp dan D. Scholz. 1994)

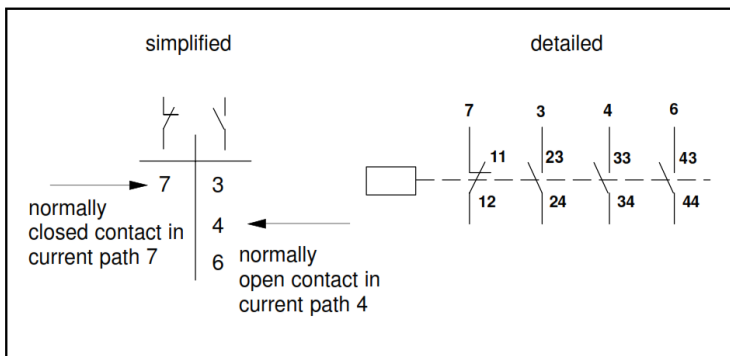


Dalam buku Fluid Power with Applications edisi ke 6 karangan Esposito, sirkuit listrik disebut “ladder diagram” karena terlihat mirip tangga dalam bahasa Indonesia. Dua garis horizontal yang bertugas sebagai media penghantar listrik utama disebut “legs”, sedangkan bagian vertikal tempat komponen listrik tersambung disebut “rungs”.

Sedangkan pada buku festo istilah legs dan rung dibalik, yaitu garis vertikal sebagai rungs dan garis horizontal sebagai legs. Pada tugas akhir ini digunakan standar pemakaian dari buku festo.

### 2.5.5 Diagram Simbol Kontak

Diagram sirkuit listrik menampilkan kerja kontak relay pada diagram simbol kontak. Diagram simbol kontak terletak dibawah garis rungs dimana relay terletak. Fungsi make dan break ditunjukkan oleh huruf khusus atau oleh simbol sirkuit yang sesuai. Angka dibawah simbol kontak menunjukkan nomor dari rungs dimana kontak terhubung.



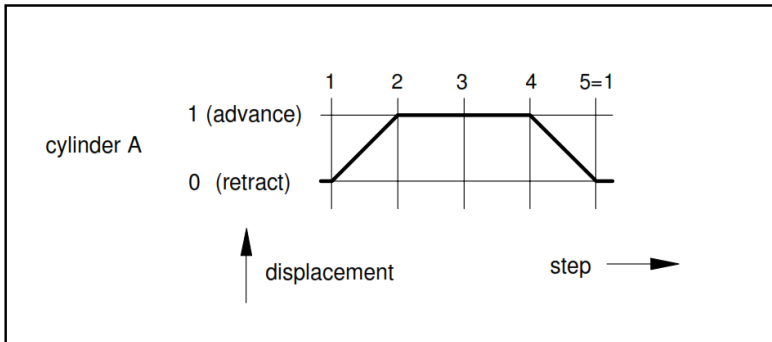
Gambar 2.28 Contoh dari simbol kontak  
(Merkle, D., K. Rupp dan D. Scholz. 1994)

### 2.6 Diagram Fungsi

Urutan fungsi dari mekanika, pneumatic, hydraulis dan kendali elektrik ditunjukkan pada suatu diagram.

### 2.6.1 Displacement-Step Diagram

Diagram ini menunjukkan urutan operasi dari suatu komponen penggerak. Jalur garis yang digambar disesuaikan terhadap masing-masing langkah. Dalam hal ini, suatu langkah merupakan perubahan keadaan dari komponen penggerak. Jika terdapat beberapa komponen penggerak lain dalam sistem elektrohidrolik, maka displacement-step digambarkan dengan cara yang sama dan diletakkan dibawah displacement-step dari komponen penggerak lain.



Gambar 2.29 Displacement-step diagram  
(Merkle, D., K. Rupp dan D. Scholz. 1994)

## 2.7 Sistem Pengaman

Dalam merancang suatu alat atau mesin salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah keamanan. Hal ini perlu dipertimbangkan karena jika tidak diterapkan suatu sistem keamanan maka dapat menyebabkan kerugian dari segi materi maupun keselamatan operator.

Dalam perancangan sistem elektrohidrolik terdapat tiga sistem pengaman yang diperlukan yaitu sistem pengaman pada sistem hidrolik, sistem kendali arus lemah dan sistem arus kuat.

### **2.7.1 Sistem Pengaman Hidrolik**

Sistem pengaman yang terdapat pada sistem hidrolik contohnya adalah pressure relief valve, komponen ini akan bekerja ketika terjadi tekanan berlebih pada sistem yang dikhawatirkan dapat merusak komponen sistem hidrolik. Pressure relief valve bekerja dengan mengalirkan fluida kerja (minyak hidrolik) kembali ke tangki ketika terdeteksi tekanan berlebih yang sebelumnya sudah ditentukan.

### **2.7.2 Sistem Pengaman Kelistrikan**

Bagian dari sistem kendali elektrohidrolik yang terkait dengan kelistrikan adalah motor listrik dan bagian kendali sinyal. Komponen-komponen ini perlu diproteksi agar saat terjadi kesalahan tiba-tiba maka kerugian dapat diminimalisir.

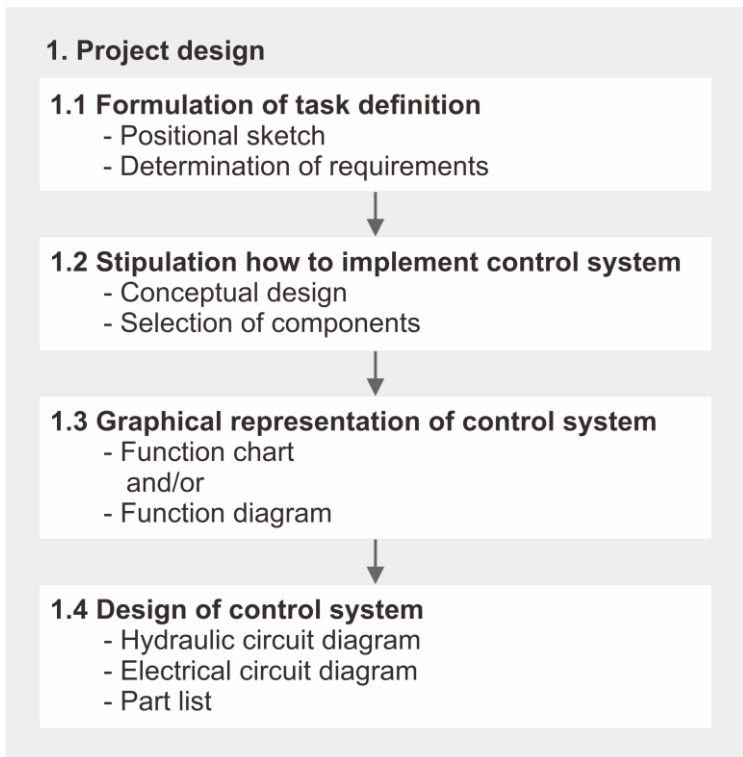
Untuk sistem kendali menggunakan arus lemah maka proteksi cukup menggunakan stabilizer. Untuk motor listrik digunakan thermal overload relay sebagai protektor dan beberapa rangkaian relay.

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Lingkup Perancangan**

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk merancang ulang sistem kendali elektrohidrolik mesin Dry Ice Press yang lebih sederhana. Prosedur perancangan yang dilakukan oleh penulis mengacu pada buku *electropneumatic basic level – festo* yang terbatas pada desain bukan pada implementasi.

### **3.2 Prosedur Perancangan Sistem Kendali**



Gambar 3.1 Project design

Prosedur perancangan dari sistem kendali elektrohidrolik mengacu pada buku *electropneumatic basic level – festo* (lihat gambar 3.1)

Sistem kendali elektrohidrolik dapat dikembangkan secara individual, disesuaikan dengan proyek tertentu. Pengembangan sistem kendali elektrohidrolik mencakup:

- Project design (persiapan dari rencana yang diperlukan dan dokumentasi)
- Pemilihan dan konfigurasi peralatan listrik dan hidrolik
- Implementasi (setting up dan commissioning)

### **3.2.1 Acuan Prosedur Pemodelan Perencanaan (Project Design)**

#### **1. Formulasi dari definisi tugas dan kebutuhan**

Permodelan dari perancangan sistem kendali dimulai dengan menuliskan formulasi dari tugas kendali. Penentuan semua kebutuhan harus teliti, tepat dan didefinisikan dengan jelas. Rincian berikut dapat mempermudah dalam melakukan pekerjaan antara lain:

- Data atau format yang mana membantu mencatat semua kebutuhan secara lebih cepat dan lengkap (Lihat Tabel 3.1)
- Posisional sketch menampilkan susunan atau penempatan dari drive unit

Tabel 3.1 Daftar kebutuhan

Operator control	Kebutuhan elemen kendali
	Kebutuhan mode operasi
Drive unit	Jumlah penggerak
	Untuk tiap penggerak
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fungsi</li> <li>• Kebutuhan gaya</li> <li>• Tata letak</li> </ul>

	• Posisi awal
Urutan gerakan	Perintah dari gerakan penggerak
	Jumlah langkah dalam urutan gerakan
	Kebutuhan delay waktu
Sensor/sinyal	Kebutuhan sensor
	Sinyal input dan output lain

## 2. Dasar Implementasi Sistem Kendali

### Desain konsep dari sistem kendali elektrohidrolik

Sistem kendali elektrohidrolik dapat didesain secara luas dan beragam. Contohnya:

- Menggunakan PLC atau relay sebagai pemroses sinyal
- Menggunakan DCV yang diinstal secara terpisah atau menggunakan terminal katub.
- Dengan tambahan silinder yang dikombinasikan dengan fungsi fitur tambahan (seperti linear guide, end position cushioning, dll)

### Pemilihan komponen

Komponen yang dibutuhkan bisa dipilih. Semuanya termasuk sebagai berikut:

- Hydraulic drive unit
- Hydraulic valve
- Control elements
- PLC or type of relay

## 3. Representasi grafis

Sebelum kerja dimulai seperti menggambar diagram sirkuit, point-point tertentu yang harus diperhatikan adalah:

- Berapa banyak langkah yang dibutuhkan dalam urutan
- Yang mana saja penggerak yang teraktuasi di setiap langkah

- Yang mana sinyal sensor atau berapa lama waktu pemicu dalam langkah selanjutnya pada urutan gerakan.

Penjelasan dan penggambaran dari urutan gerakan paling mudah dilakukan dengan pembuatan metode grafikal contohnya displacement-step diagram.

#### **4. Mendesain Sistem Kendali**

Mendesain sitem kendali mencakup:

- Perancangan sirkuit hidrolik
- Perancangan sirkuit listrik

### **3.3 Skema Prosedur Perancangan**

Dari acuan yang telah dijelaskan pada sub bab 3.2.1 maka penulis melakukan perancangan sistem kendali elektrohidrolik dengan rincian sebagai berikut:

1. Observasi data di PT. PETROKIMIA Gresik.  
Pengerjaan tugas akhir ini diawali dengan observasi data dengan wawancara langsung dengan mentor terkait cara kerja mesin dan melihat langsung kondisi mesin Dry Ice Press.
2. Studi literatur  
Melakukan pencarian data yang berhubungan dengan mesin Dry Ice Press termasuk dokumentasi foto di lapangan.
3. Merumuskan definisi tugas  
Permodelan dari perancangan sistem kendali dimulai dengan menuliskan formulasi dari tugas kendali. Penentuan semua kebutuhan harus teliti, tepat dan didefinisikan dengan jelas. Dalam bagian ini pekerjaan mengacu pada tabel 3.1. Lalu diperlukan juga untuk membuat positional sketch.
4. Membuat konsep desain

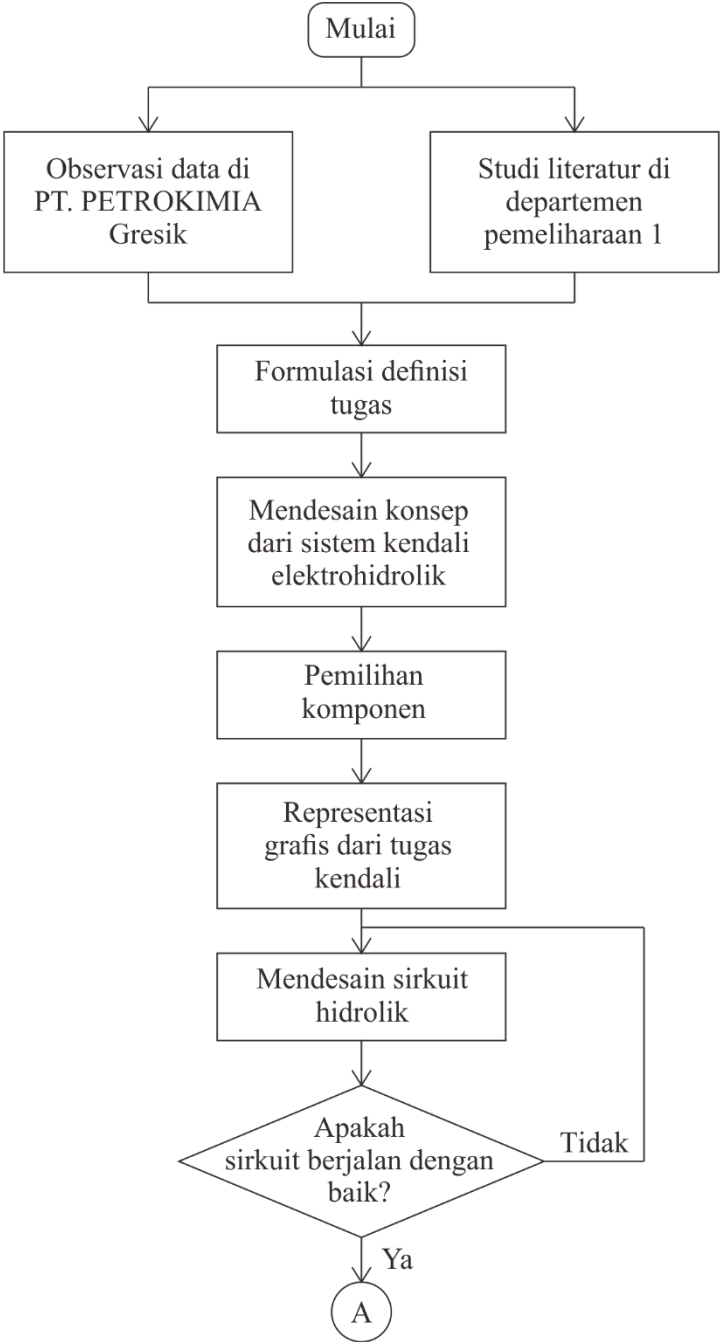
Yang dimaksud merupakan seperti apakah rancangan akan dibuat seperti menggunakan relay untuk pemrosesan sinyal.

5. Pemilihan komponen  
Pada bagian ini segala komponen yang dibutuhkan didata seperti drive unit, katub, elemen kendali dan tipe relay yang digunakan.
6. Representasi grafis  
Penjelasan dan penggambaran dari urutan gerakan paling mudah dilakukan dengan pembuatan metode grafikal contohnya displacement-step diagram.
7. Perancangan ulang sirkuit hidrolik menggunakan program fluidsimH. Perancangan ulang sirkuit hidrolik dilakukan berdasarkan data sirkuit hidrolik dari perusahaan.
8. Simulasi sikuit hidrolik menggunakan program fluidsimH. Simulasi dilakukan untuk mengetahui desain rancangan sirkuit telah berjalan dengan baik atau belum.
9. Perancangan ulang sirkuit listrik menggunakan program fluidsimH. Perancangan ulang sirkuit listrik dilakukan berdasarkan data sirkuit hidrolik yang telah dibuat dan disederhanakan.
10. Simulasi sikuit listrik menggunakan program fluidsimH. Simulasi dilakukan untuk mengetahui desain rancangan sirkuit listrik telah berjalan dengan baik atau belum.
11. Penyusunan laporan.

### **3.4 Diagram Alir**

Prosedur dan alur pengerjaan pada penulisan tugas akhir ini dapat dijelaskan dengan menggunakan diagram alir (flow chart). Diagram alir ini merupakan urutan penulisan tugas akhir, mulai dari pencarian data di PT PETROKIMIA Gresik sampai didapatkan data hasil perhitungan. Adapun urutan dari diagram alir adalah sebagai berikut:







Gambar 3.2 Diagram alir prosedur perancangan

“Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB IV PEMBAHASAN**

### **4.1 Deskripsi Mesin Dry Ice Press**

Sebuah mesin pembuat es kering di PT. PETROKIMIA GRESIK bekerja dengan memadatkan butiran salju yang berasal dari gas sisa CO<sub>2</sub>. Pemadatan ini dilakukan dengan menekan butiran salju tersebut dengan tekanan tertentu. Cara kerjanya cukup sederhana dan menggunakan 3 buah penggerak (silinder).

Penggerak tersebut menjalankan tugasnya masing-masing sesuai rancangan. Penamaan dari silinder terdiri dari gabungan digit angka dan huruf. Dan berikut ini uraian singkat dari cara kerja mesin dry ice press.

- Penggerak 1A bertugas menekan butiran salju hingga padat dan sekaligus bertugas mengeluarkan es padat keluar dari cetakan.
- Penggerak 2A dan 3A bergerak bersama, penggerak ini bertugas menahan es yang ditekan oleh penggerak 1A dan melakukan stroke ketika es dikeluarkan dari cetakan.

### **4.2 Prosedur Perancangan Desain Sistem Kendali**

#### **4.2.1 Data Hasil Observasi Lapangan**

Dalam tahap ini penulis mendapatkan cukup data yang akan digunakan untuk membuat rancang ulang sistem kontrol elektrohidrolik.

##### **1. Sirkuit hidrolik dan sirkuit listrik**

Sirkuit hidrolik dan sirkuit listrik dari lapangan digunakan penulis sebagai acuan untuk merancang sirkuit listrik yang lebih sederhana. Sedangkan sirkuit hidrolik yang lebih sederhana telah dirancang ulang oleh rekan yang mengerjakan tugas akhir dengan alat yang sama. Sirkuit hidrolik asli dari mesin dry ice press dicantumkan di dalam lampiran.

## 2. Dokumentasi Alat

Dokumentasi di lapangan yang telah diambil penulis digunakan untuk mendesain gambar alat dan membantu merancang sistem kendali elektrohidrolik secara keseluruhan. Beberapa dokumentasi yang diperlukan diantaranya seperti foto silinder piston, pompa dan valve. Berikut beberapa dokumentasi yang telah diambil penulis di lapangan:

- Mesin Dry Ice Press



Gambar 4.1 Mesin Dry Ice Press

- Silinder Piston



Gambar 4.2 Silinder utama (1A)



Gambar 4.3 Twin silinder (2A, 3A)

- Pompa



Gambar 4.4 Pompa

- Directional Control Valve



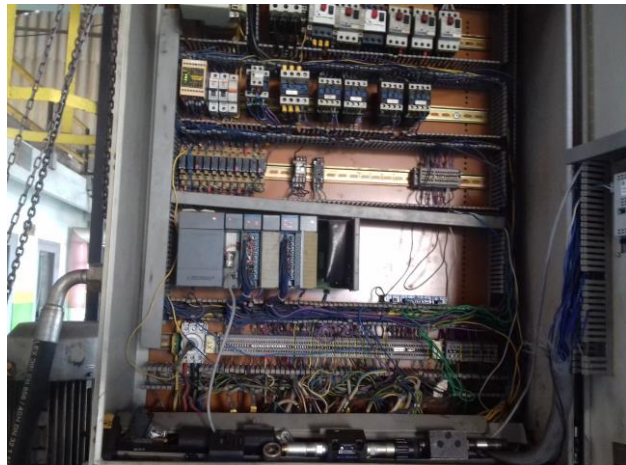
Gambar 4.5 Directional control valve

- Panel Kendali Operator



Gambar 4.6 Panel kendali operator

- Rangkaian listrik



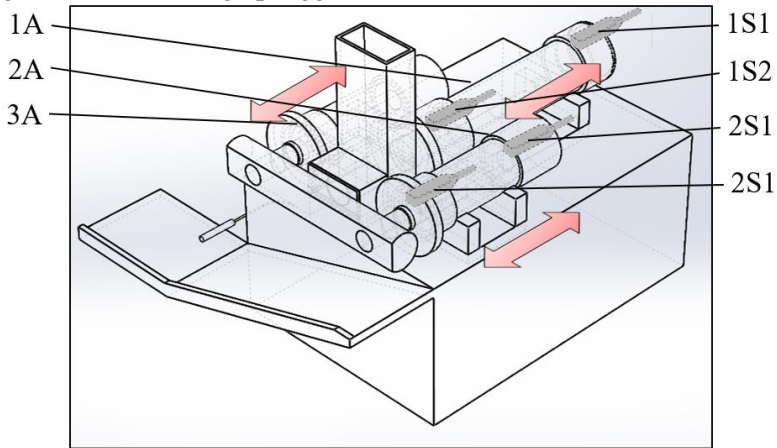
Gambar 4.7 Rangkaian listrik



## 4.2.2 Perumusan Dari Definisi Tugas

### 4.2.2.1 Positional Sketch

Positional sketch dari mesin Dry Ice ditunjukkan pada gambar 4.1. Ada tiga penggerak hidrolik:



Gambar 4.8 Positional sketch

Keterangan:

- |                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| 1A                 | : Main Piston Silinder |
| 2A & 3A            | : Twin Silinder        |
| 1S1, 1S2, 2S1, 2S2 | : Limit Switch         |

Silinder 1A melakukan langkah maju menekan butiran salju dengan tekanan 176 bar pada cetakan dengan selang waktu 5 detik. Sedangkan silinder 2A dan 3A menahan bagian depan cetakan agar salju yang ditekan tidak keluar. Setelah 5 detik silinder 1A melakukan langkah mundur. Proses ini diulang hingga 4 kali, setelah itu semua silinder melakukan langkah maju bersama. Setelah 5 detik semua silinder mundur bersama (full retract). Rangkaian proses ini adalah satu siklus.

#### 4.2.2.2 Daftar Kebutuhan Spesifik

Daftar ini disediakan dalam bentuk tabel yang berguna untuk membantu mencatat segala kebutuhan secara cepat dan lengkap.

Tabel 4.1 Daftar kebutuhan spesifik

Operator control	Kebutuhan elemen kendali	Starting mesin, emergency, maju, mundur, reset, mengeluarkan es
	Kebutuhan mode operasi	Automatic dan manual
Drive unit	Jumlah penggerak	3 silinder
	Main silinder (1A)	Pengepress, tekanan 176 bar, retracted position
	Twin silinder (2A, 3A)	Penahan, tekanan -176 bar, retracted position
Urutan gerakan	Urutan gerak silinder	(Silinder 1A maju, delay 5 detik, silinder 1A mundur) counter 4x, semua silinder maju (1A, 2A,3A), delay 5 detik, semua silinder mundur
	Jumlah langkah dalam urutan gerakan	Main silinder (10 langkah)
		Twin silinder (2 langkah)
	Kebutuhan delay waktu	5 detik/langkah maju
Sensor/sinyal	Kebutuhan sensor	limit switch, time delay, counter
	Sinyal input dan output lain	

#### 4.2.2.3 Movement Cycle

Berdasarkan observasi di lapangan maka diketahui movement cycle dari mesin Dry Ice Press dan ditunjukkan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Movement Cycle

Step	Movement piston rod cylinder 1A	Movement piston rod cylinder 2A and 3A	End of step, step enabling condition	Comments
1	Advance	None	1S1, 1S2 terpicu	main piston menekan butiran salju
2	None	None		delay 5 detik
3	Retract	None	1S1 terpicu	main piston mundur
4	Advance	None	1S2 terpicu	main piston menekan butiran salju
5	None	None		delay 5 detik
6	Retract	None	1S1 terpicu	main piston mundur
7	Advance	None	1S2 terpicu	main piston menekan butiran salju
8	None	None		delay 5 detik
9	Retract	None	1S1 terpicu	main piston mundur
10	Advance	None	1S2 terpicu	main piston menekan butiran salju
11	None	None		delay 5 detik

12	Retract	None	1S1 terpicu	main piston mundur
13	Advance	Advance	2S2 terpicu	dry ice keluar dari cetakan
14	None	None		delay 5 detik
15	Retract	Retract	2S1 terpicu	mengembalikan silinder pada posisi awal

### 4.2.3 Dasar Implementasi Sistem Kendali

#### 4.2.3.1 Konsep Panel Kendali Operator

Sistem kendali Dry Ice Press Machine harus bisa dijalankan dengan continous cycle (operasi berkelanjutan), yaitu siklus yang memungkinkan produksi dry ice dapat dilakukan secara berulang dengan menekan tombol satu kali hingga diakhiri dengan menekan tombol continous cycle off.

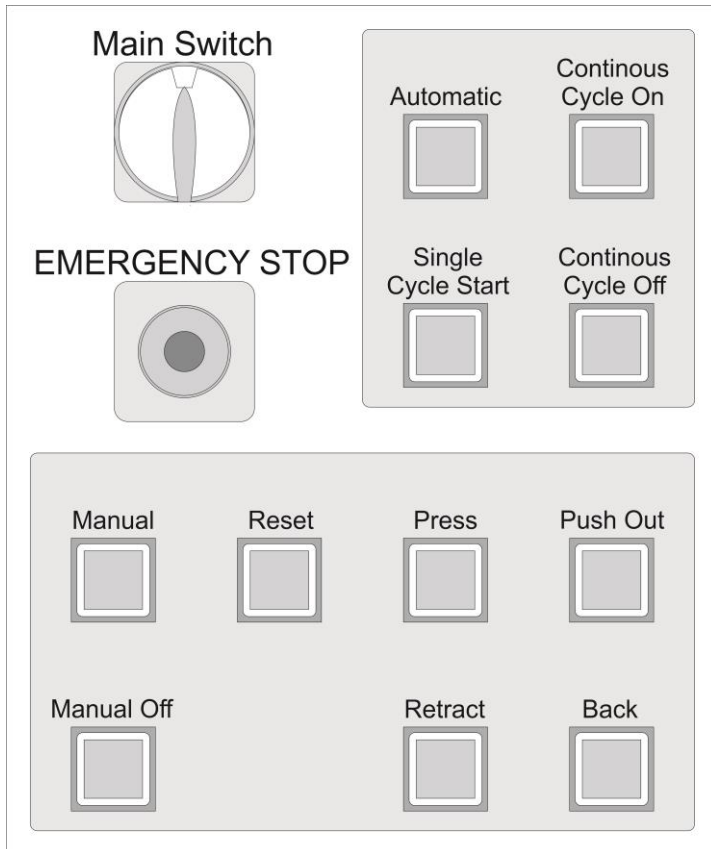
Operasi single cycle juga diperlukan untuk memproduksi dry ice hanya untuk satu kali. Panel kendali operator harus memenuhi standar untuk memudahkan operator dalam mengoperasikan mesin.

Berikut panel kendali untuk Dry Ice Press Machine yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 beserta fungsinya:

- **Main Switch**  
Digunakan untuk menghidupkan mesin.
- **EMERGENCY STOP**  
Berfungsi mematikan sistem jika terjadi keadaan darurat yang tidak diinginkan.
- **Automatic**  
Berfungsi menghidupkan sistem kendali otomatis.
- **Continous Cycle On**  
Berfungsi untuk memproduksi dry ice secara berkala.
- **Continous Cycle Off**  
Mematikan siklus berkala atau otomatis.
- **Single Cycle Start.**

Mesin memproduksi es satu kali.

- **Manual**  
Tombol ini memungkinkan mesin dioperasikan secara manual.
- **Manual Off**  
Mematikan operasi sistem manual.
- **Reset**  
Mengembalikan keadaan mesin(posisi piston rod dan sistem) pada posisi semula.
- **Push Out**  
Mengeluarkan dry ice.
- **Press**  
Menekan butiran salju secara manual.
- **Retract**  
Memundurkan piston rod.
- **Back**  
hampir sama dengan reset namun digunakan pada proses produksi manual atau mode manual.



Gambar 4.9 Desain panel kendali

#### 4.2.3.2 Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen diperlukan untuk membangun sistem elektrohidrolik. Komponen yang dipilih antara lain:

- Silinder utama untuk pengepresan dan dua silinder penahan.
- Switch-on delay untuk delay time selama 5 detik per satu kali melakukan pengepresan dan mengeluarkan ice block.
- Pompa untuk menyuplai fluida bertekanan.

- Tiga buah switch-on delay untuk mereset beberapa relay.
- Dua buah valve solenoid relay untuk menggerakkan silinder utama dan dua buah solenoid untuk menggerakkan twin silinder.
- Empat buah limit switch untuk menentukan posisi piston rod dan keperluan aktuasi relay yang lain seperti counter dan switch-on delay.
- Power supply dengan output 24V DC untuk komponen listrik.
- Satu buah counter untuk menghitung langkah pengepresan dan satu counter lain untuk menghitung akhir langkah.

Langkah selanjutnya pada proses perancangan perencanaan dibuat lebih mudah dengan mendata silinder, solenoid, sensor, elemen kendali dan indikator (tabel 4.3). Komponen termasuk pada rangkaian kendali individu yang ditampilkan pada garis yang sama dari tabel.

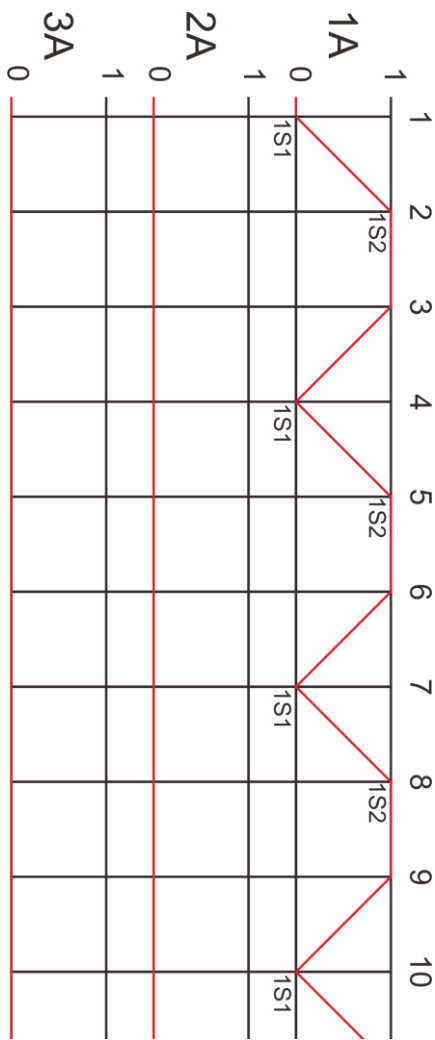


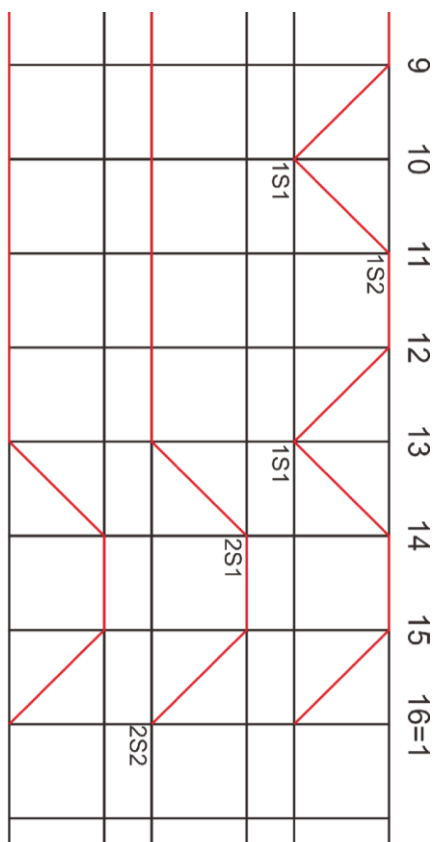


4.2.4 Representasi Grafis

4.2.4.1 Displacement Step Diagram

Displacement step diagram untuk mesin Dry Ice Press ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

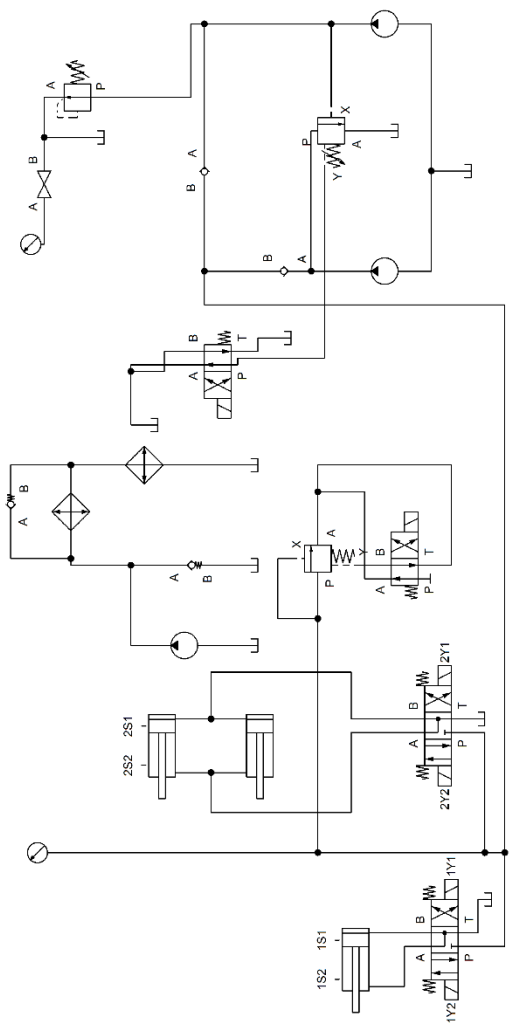




Gambar 4.10 Displacement-step diagram

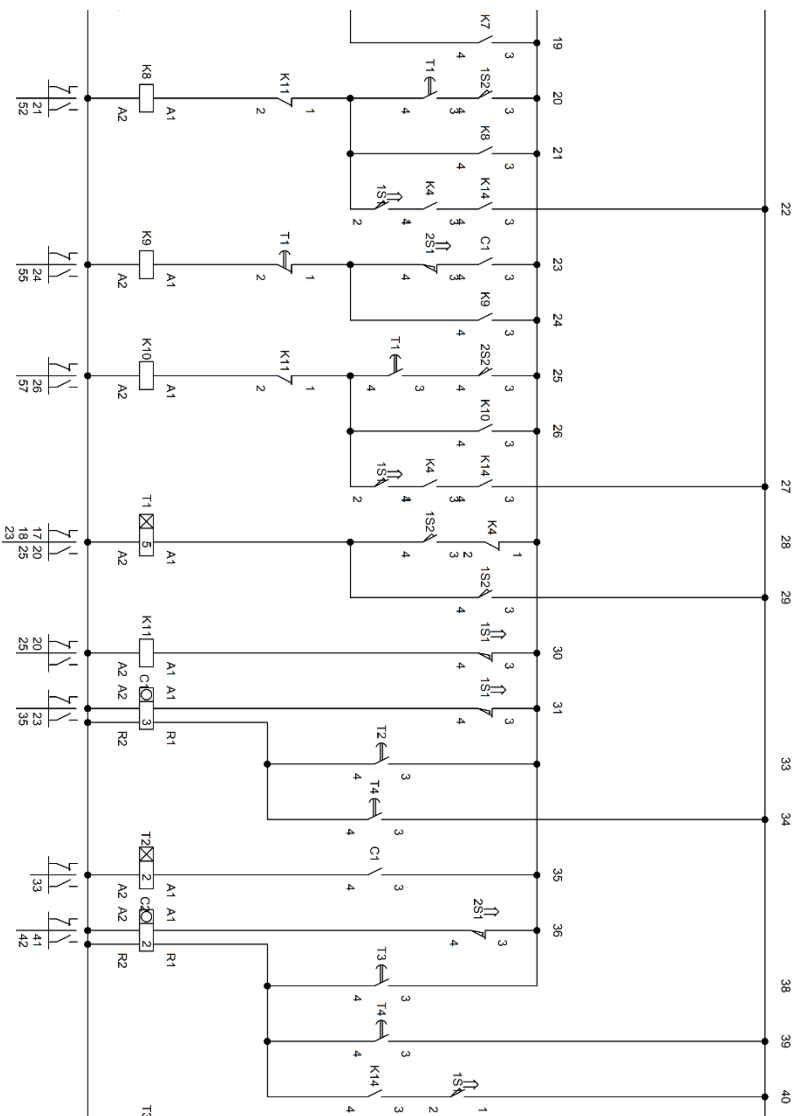
4.2.5 Mendesain Sistem Kendali

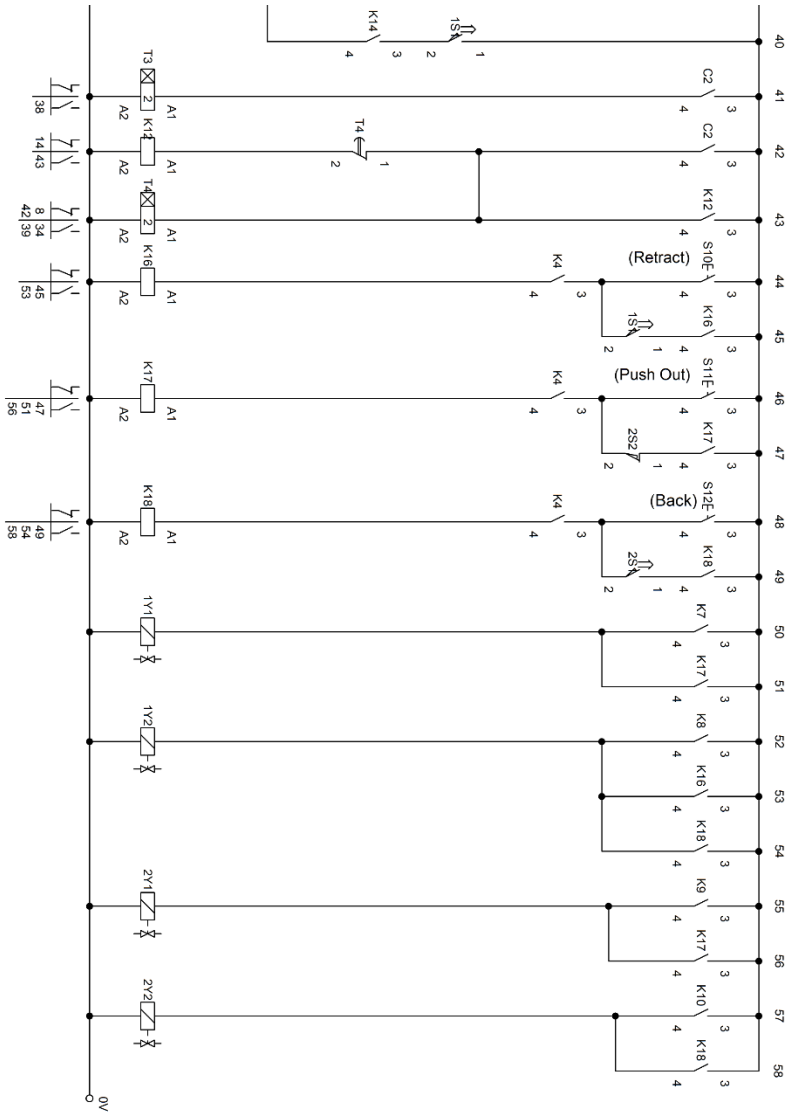
4.2.5.1 Hydraulic Circuit Diagram



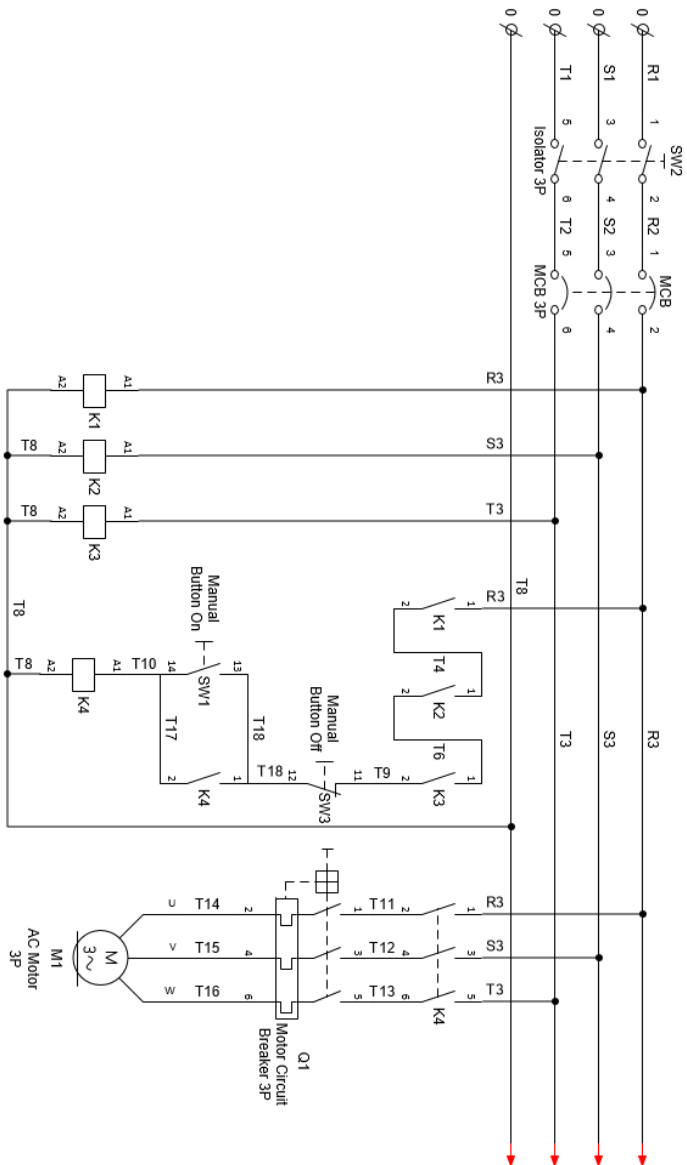
Gambar 4.11 Sirkuit hidrolik







Gambar 4.12 Sirkuit listrik



Gambar 4.13 Sirkuit Pengaman Motor

Keterangan sirkit pengaman motor:

K : Kontaktor relay  
M1 : Motor 3 fasa  
MCB : Miniatur Circuit Breaker  
Q1 : Motor Circuit Breaker  
R, S, T : Jalur listrik  
SW1 : Manual button on  
SW2 : Saklar  
SW3 : Manual button off  
U, V, W : Jalur listrik



“Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pembahasan yang pada bab IV maka dapat disimpulkan:

1. Perencanaan ulang desain sistem kendali elektrohidrolik dengan menggunakan acuan buku Electropneumatic Basic Level - Festo memberikan hasil yang baik dan sistematis.
2. Simulasi sirkuit elektrik dapat berjalan dengan baik dengan menyederhanakan sirkuit utama yang ada.
3. Sistem kendali otomatis dan manual dapat dijalankan dengan baik pada simulasi.

#### **5.2 Saran**

Karena minimnya pegawai dari PT. PETROKIMIA Gresik yang memahami sistem hidrolik maka perlu dilakukan pelatihan khusus untuk pegawai yang terkait agar penanganan alat yang berhubungan dengan perawatan mesin ini dapat dilaksanakan dengan baik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Esposito, Anthony, 2008, **Fuid Power with Applications Seven Edition**, Pearson lonman.
- [2] Prede, G., dan D. Scholz, 2002, **Electropneumatic Basic Level First Edition**, Denkendorf : Festo Didactic GmbH & Co.
- [3] Merkle, D., K. Rupp., dan D. Scholz, 1994, **Electrohydraulic Basic Level Fourth Edition**, Esslingen : Festo Didactic KG.
- [4] **Manual Book Dry Ice Press**, 1984, Union Engineering.
- [5] Saputra, Hendri, 2016, **Perancangan Ulang Mesin Dry Ice Press di PT. PETROKIMIA Gresik**, Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [6] Azizan, Akhdan, '**Cara Kerja Thermal Overload Relay**', 31 Mei 2015, 11 Februari 2018, <<https://akhdanazizan.com/cara-kerja-thermal-overload-relay/>>

“Halaman ini sengaja dikosongkan

DIN	41 488 Parts 1 - 3	Electro-technology Compartment measurements for control cabinets
DIN	41 494 Parts 1 - 8	Construction of electronic equipment
DIN	43 650 Part 1	Plug connectors, square design Types, dimensions, designation system
DIN	43 650 Part 2	Plug connectors, square design Characteristics, requirements, testing
DIN	43 880	Installation equipment Overall dimensions and related installation dimensions
DIN EN	50 005	Industrial low-voltage switchgear Terminal designations and code numbers, General rules
DIN EN	50 011	Industrial low-voltage switchgear Terminal designations, code numbers and letters for specific auxiliary contactors
DIN EN	50 012	Industrial low-voltage switchgear Terminal designations and code numbers for auxiliary contacts of specific contactors
DIN EN	50 013	Industrial low-voltage switchgear Terminal designations and code numbers for specific control devices
DIN EN	50 022-35	Industrial low-voltage switchgear Terminal designations and code numbers

“Halaman ini sengaja dikosongkan

## BIODATA PENULIS



Gaga Dima Arianto merupakan nama lengkap penulis tugas akhir ini. Lahir di Kabupaten Jember pada 18 April 1994. Penulis memulai pendidikan formalnya dari SD Negeri 4 Jombang Jember, SMP Negeri 1 Kencong dan SMA Negeri 1 Kencong. Pada tahun 2014 penulis mengikuti ujian masuk Program Diploma ITS dan diterima sebagai mahasiswa di Program Studi D3 Teknik Mesin Reguler yang masih dalam naungan Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya dengan NRP 10 2114 000 000 42.

Di Program Studi D3 Teknik Mesin, penulis mengambil bidang keahlian Konversi Energi dan mengambil tugas akhir di bidang yang sama dengan mata kuliah Teori dan Praktek Pneumatik Hidrolik.

Selain itu penulis juga aktif di berbagai kegiatan dalam kampus maupun luar kampus. Seperti pelatihan-pelatihan yang pernah diikuti oleh penulis selama menjadi mahasiswa, diantaranya adalah pelatihan pengembangan diri UKM Maritime Challenge, UKM Robotika, HIPMI Perguruan Tinggi, dll.

Untuk semua informasi dan masukan dapat menghubungi penulis melalui e-mail : [gaga.velveter@gmail.com](mailto:gaga.velveter@gmail.com)



“Halaman ini sengaja dikosongkan